

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-048806

(43)Date of publication of application : 20.02.1998

(51)Int.Cl.

G03F 1/08
H01L 21/027

(21)Application number : 08-203671

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 01.08.1996

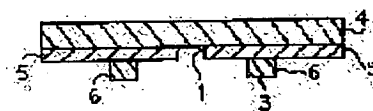
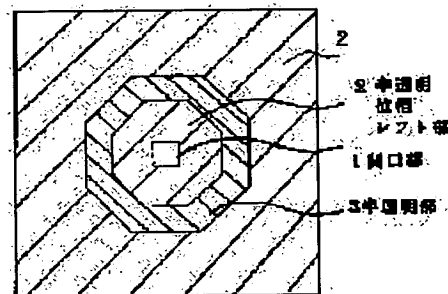
(72)Inventor : TANABE YASUYOSHI

(54) PHOTOMASK, ITS PRODUCTION AND PHOTOMASK BLANK

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a mask which can be easily produced and in which the effect to improve the depth of focus is increased and the side robes are decreased, by forming first, second and third lighttransmitting parts each having a specified function.

SOLUTION: The light transmitted through a translucent phase shift part 2 has decreased amplitude and inverted phase to an aperture 1. The light transmitted through a translucent part 3 has decreased amplitude but has the same phase as the aperture 1. A translucent phase shift film 5 having the pattern of the aperture 1 on a glass substrate 4 consists of chromium or chromium oxide single or multilayered film. The film has 5 to 20% transmittance for exposure light and changes the phase of the transmitted exposure light by 180 degrees. It is preferable that the phase shift film 6 formed into the translucent part 3 on the translucent phase shift film 5 composed of silicon oxide having >10% transmittance for exposure light. In the phase shift film 6, the light phase is changed by 180 degrees, so that the phase of the light transmitted through the translucent part 3 is same as the phase of light transmitted through the aperture 1.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.08.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

2924804

[Date of registration]

07.05.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-48806

(43) 公開日 平成10年(1998) 2月20日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08			G 0 3 F 1/08	A
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 0 2 P 5 2 8

審査請求 有 請求項の数 8 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平8-203671

(22) 出願日 平成8年(1996) 8月1日

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社
東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 田辺 容由

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株
式会社内

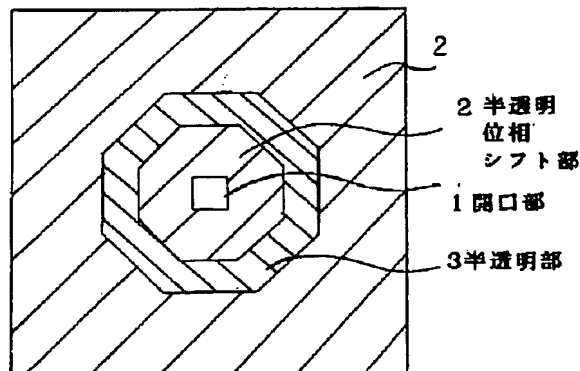
(74) 代理人 弁理士 菅野 中

(54) 【発明の名称】 フォトマスク及びその製造方法、フォトマスクブランク

(57) 【要約】

【課題】 作成が容易で通常のハーフトーン位相シフトマスクより焦点深度向上効果の高くサイドロープの低いフォトマスクを提供する。

【解決手段】 フォトマスク基板の表面が露出する開口部1と、開口部1を取り囲み、透過する露光光の位相を開口部1に対し反転しつつ振幅を減衰させる半透明位相シフト部2と、半透明位相シフト部2を取り囲み、透過する露光光の位相を開口部1と等しくしつつ振幅を減衰させる半透明部3とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1光透過部と、第2光透過部と、第3光透過部とを有するフォトマスクであって、

第1光透過部は、フォトマスク基板の表面を露出させて形成されたものであり、

第2光透過部は、前記第1光透過部を取り囲み、透過する露光光の位相を第1光透過部に対し反転しつつ振幅を減衰させるものであり、

第3光透過部は、前記第2光透過部を取り囲み、透過する露光光の位相を第1光透過部と等しくしつつ振幅を減衰させるものであることを特徴とするフォトマスク。 10

【請求項2】 前記第3光透過部は、投影露光装置の光源の波長を λ 、投影レンズの開口数をNAとして、前記第1光透過部の中心から測って $0.88\lambda/NA$ から $1.8\lambda/NA$ の間に配置されていることを特徴とする請求項1に記載のフォトマスク。

【請求項3】 前記第3光透過部は、投影露光装置の光源の波長を λ 、投影レンズの開口数をNAとして、前記第1光透過部の中心から測って $0.88\lambda/NA$ より外側に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の 20 フォトマスク。

【請求項4】 反転膜と、再反転膜とを有するフォトマスクであって、

反転膜は、フォトマスク基板上に表面の露出する開口部を有する第1の露光光に対し半透明かつ位相を反転させる膜であり、

再反転膜は、反転膜上に設けられ、前記開口部を取り囲む第2の露光光に対し透明あるいは半透明かつ位相を再反転させる膜であることを特徴とするフォトマスク。

【請求項5】 反転膜と、再反転膜とを有するフォトマスクブランクスであって、 30

反転膜は、フォトマスク基板上に露光光に対し半透明かつ位相を反転させる膜であり、

再反転膜は、反転膜上に設けられ、第2の露光光に対し透明あるいは半透明かつ位相を再反転させる膜であることを特徴とするフォトマスクブランクス。

【請求項6】 半透明膜と、反転膜とを有するフォトマスクであって、

半透明膜は、フォトマスク基板上に表面の露出する開口部を有する第1の露光光に対し半透明な膜であり、 40

反転膜は、半透明膜の開口部を取り囲み第2の露光光に対し透明あるいは半透明かつ位相を反転させる膜であることを特徴とするフォトマスク。

【請求項7】 膜形成工程と、第1のパターン工程と、第2のパターン工程とを有するフォトマスクの製造方法であって、

膜形成工程は、フォトマスク基板上に、第1の露光光に対し半透明かつ位相を反転させる反転膜と、前記反転膜上に第2の露光光に対し透明あるいは半透明かつ位相を再反転させる再反転膜を形成する処理であり、 50

第1のパターン工程は、前記再反転膜の所望の部分を除去し所望のパタンとする処理であり、

第2のパターン工程は、前記反転膜の所望の部分を除去し所望のパタンとする処理であることを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【請求項8】 膜形成工程と、第1のパターン工程と、第2のパターン工程とを有するフォトマスクの製造方法であって、

膜形成工程は、フォトマスク基板上に、第1の露光光に対し半透明な膜と、前記第1の露光光に対し半透明な膜の上に第2の露光光に対し透明あるいは半透明かつ位相を反転させる膜を形成する処理であり、

第1のパターン工程は、反転膜の所望の部分を除去し所望のパタンとする処理であり、

第2のパターン工程は、前記半透明膜の所望の部分を除去し所望のパタンとする処理であることを特徴とするフォトマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体集積回路や液晶表示装置等の製造装置で用いられるフォトマスクに関し、特に位相シフトマスク及びその製造方法、フォトマスクブランクスに関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路の高集積化に伴い、回路パターンの微細化が急速に進展している。一方、投影露光装置を用いたフォトリソグラフィ技術には、光源の波長に起因する解像限界が存在する。近年、解像度を向上させるためにフォトマスク上のパターンを位相部材で形成する位相シフトマスクの開発が盛んに行われている。

【0003】これまでに様々な種類の位相シフトマスクが提案されているが、その中で特開平4-136854号公報に記載されるハーフトーン位相シフトマスクは、構造が簡単であることから、半導体集積回路生産への使用が開始されている。

【0004】ハーフトーン位相シフトマスクは、特にホールパターンに対して有効であることが知られている。図12は、ハーフトーン位相シフトマスクを示す平面図である。図12において、開口部は半透明位相シフト部2で囲まれている。図13(a)はフォトマスクを示す断面図、(b)はフォトマスクを透過する光の振幅透過率を示す図である。図13(a)に示すように、ガラス基板4に半透明位相シフト部2をなす半透明位相シフト膜5が形成され、半透明位相シフト膜5に開口部1が開口されている。半透明位相シフト膜5を透過した光の振幅は、減衰するとともに、位相が反転している。

【0005】ハーフトーン位相シフトマスクは、解像限界付近での焦点深度が大きくなるため、実用的な解像度が向上する。特開平7-271013号公報では、焦点深度が最大となる理想的なハーフトーン位相シフトマス

クとして、図14に示されるような振幅透過率が0次のベッセル関数 $J_0(2\pi x \lambda / NA)$ となるフォトマスクを提案している。ここで、 x は開口中心からの位置、 λ は光源の波長、 NA は投影レンズの開口数であり、図14では $\lambda = 248\text{nm}$ 、 $NA = 0.5$ として計算した。

【0006】光の振幅をベッセル関数形にすると、光の回折が抑えられ、焦点深度が非常に深くなることは、光学でも良く知られており、例えば1987年4月、ジャーナル・オブ・オプティカル・ソサエティ・オブ・アメリカ、第4巻、第4号、651～654頁(Journal of Optical Society of America, Vol. 4, No. 4, pp. 651-654, April, 1987)に記述されている。

【0007】しかし、実際にはベッセル関数のような連続的な振幅透過率分布をもつフォトマスクを実際に製造するのは、現在の技術では不可能である。そこで、上記公報では、この振幅透過率分布を近似的に実現する方法として、図15に示すような開口部1の周囲に補助開口部8を形成する方法を提案している。このときのフォトマスクの断面は図16(a)、振幅透過率は図16(b)のようになる。

【0008】通常のハーフトーン位相シフトマスクの光強度分布31と、補助開口部8を付加したハーフトーン位相シフトマスクの光強度分布32を図3に示す。露光条件としては、 $\lambda = 248\text{nm}$ 、 $NA = 0.5$ 、コヒーレンス因子 $\sigma = 0.3$ の投影露光装置でもって、ホール径 $0.25\mu\text{m} \times 0.25\mu\text{m}$ のパターンを持つ透過率10%のハーフトーン位相シフトマスクを露光するものとした。

【0009】通常のハーフトーン位相シフトマスクを用いると、開口部中心から離れた位置に大きな光強度を持つサイドローブが発生する。露光量によっては、サイドローブがフォトレジストに転写されてしまうことがある。補助開口部8を設けると、振幅透過率はベッセル関数に近づき、サイドローブが抑制される。

【0010】通常のハーフトーン位相シフトマスクの焦点深度特性41と、補助開口部8を付加したハーフトーン位相シフトマスクの焦点深度特性42を図4に示す。開口部中心のピーク光強度はデフォーカスすると、像のボケにより減少する。補助開口部8を付加したハーフトーン位相シフトマスクの焦点深度特性42は、通常のハーフトーン位相シフトマスクの焦点深度特性41に比べ、デフォーカスしたときのピーク光強度の落ち方が緩く、焦点深度が伸びている。

【0011】補助開口部8の幅は、開口部1の径に比べ狭くなる。ホール径 $0.25\mu\text{m} \times 0.25\mu\text{m}$ の場合には、補助開口部8の幅を $0.1\mu\text{m}$ 程度にする必要がある。これらの寸法は、ウェハ上の寸法であり、拡大マスクの上では、4倍あるいは5倍程度大きくなる。

【0012】しかし、現在のフォトマスク作成技術では、フォトマスク上の寸法が $1\mu\text{m}$ 以下になると、寸法制御が非常に困難になる。補助開口部8の幅は、フォトマスク上で $0.5\mu\text{m}$ 程度であるため、その寸法を制御することは難しい。

【0013】一方、光は補助開口部8を100%透過するため、その影響は非常に大きく、補助開口部8の寸法が僅かに小さいと、焦点深度向上効果が大幅に減退し、逆に補助開口部8の寸法が僅かに大きいと、補助開口部8自身がウェハ上のフォトレジストに転写されてしまう。

【0014】補助パターンとして開口部の代わりに遮光部を用いる方法が特開平7-281413号公報に開示されており、そのフォトマスクの平面図を図17に、フォトマスクの断面を図18(a)に、振幅透過率を図18(b)に示す。図に示すように、補助遮光部9は、半透明位相シフト膜5の上層に不透明膜10をパターンニングすることにより実現される。

【0015】補助遮光部9を付加したハーフトーン位相シフトマスクの光強度分布33を図3に示す。補助遮光部9を用いることにより、通常のハーフトーン位相シフトマスクに開口部中心から離れた位置で発生するサイドローブを抑制することができる。

【0016】補助遮光部9は、図14のベッセル関数でサイドローブでの振幅が正となる位置 $0.88\lambda/NA$ から $1.38\lambda/NA$ の間に配置すれば良く、その幅は $0.25\mu\text{m}$ 程度と補助開口部8に比べ太くなる。補助遮光部9を付加したハーフトーン位相シフトマスクの焦点深度特性43を図4に示す。焦点深度特性は、通常のハーフトーン位相シフトマスクとほぼ同じで、焦点深度はほとんど伸びない。

【0017】

【発明が解決しようとする課題】通常のハーフトーン位相シフトマスクの焦点深度向上効果をより高め、同じにサイドローブを抑制するためには、ハーフトーン位相シフトマスクの振幅透過率をできるだけ0次のベッセル関数に近づければ良い。これを補助開口部で実現しようとすると、線幅制御の困難な幅の狭い開口を作成する必要がある。あるいは補助遮光部で実現しようとすると、幅は広くとれるが焦点深度は伸びない。

【0018】本発明の目的は、作成が容易で通常のハーフトーン位相シフトマスクより焦点深度向上効果の高く、しかも通常のハーフトーン位相シフトマスクよりサイドローブの低いフォトマスク及びその製造方法、フォトマスク blanks を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明に係るフォトマスクは、第1光透過部と、第2光透過部と、第3光透過部とを有するフォトマスクであって、第1光透過部は、フォトマスク基板の表面を露

10

20

30

40

50

出させて形成されたものであり、第2光透過部は、前記第1光透過部を取り囲み、透過する露光光の位相を第1光透過部に対し反転しつつ振幅を減衰させるものであり、第3光透過部は、前記第2光透過部を取り囲み、透過する露光光の位相を第1光透過部と等しくしつつ振幅を減衰させるものである。

【0020】また前記第3光透過部は、投影露光装置の光源の波長を λ 、投影レンズの開口数をNAとして、前記第1光透過部の中心から測って $0.88\lambda/NA$ から $1.8\lambda/NA$ の間に配置されているものである。

【0021】また前記第3光透過部は、投影露光装置の光源の波長を λ 、投影レンズの開口数をNAとして、前記第1光透過部の中心から測って $0.88\lambda/NA$ より外側に配置されているものである。

【0022】また反転膜と、再反転膜とを有するフォトマスクであって、反転膜は、フォトマスク基板上に表面の露出する開口部を有する第1の露光光に対し半透明かつ位相を反転させる膜であり、再反転膜は、反転膜上に設けられ、前記開口部を取り囲む第2の露光光に対し透明あるいは半透明かつ位相を再反転させる膜である。

【0023】また本発明に係るフォトマスクブランクスは、反転膜と、再反転膜とを有するフォトマスクブランクスであって、反転膜は、フォトマスク基板上に露光光に対し半透明かつ位相を反転させる膜であり、再反転膜は、反転膜上に設けられ、第2の露光光に対し透明あるいは半透明かつ位相を再反転させる膜である。

【0024】また本発明に係るフォトマスクは、半透明膜と、反転膜とを有するフォトマスクであって、半透明膜は、フォトマスク基板上に表面の露出する開口部を有する第1の露光光に対し半透明な膜であり、反転膜は、半透明膜の開口部を取り囲み第2の露光光に対し透明あるいは半透明かつ位相を反転させる膜である。

【0025】また本発明に係るフォトマスクの製造方法は、膜形成工程と、第1のパターン工程と、第2のパターン工程とを有するフォトマスクの製造方法であって、膜形成工程は、フォトマスク基板上に、第1の露光光に対し半透明かつ位相を反転させる反転膜と、前記反転膜上に第2の露光光に対し透明あるいは半透明かつ位相を再反転させる再反転膜を形成する処理であり、第1のパターン工程は、前記再反転膜の所望の部分を除去し所望のパターンとする処理であり、第2のパターン工程は、前記反転膜の所望の部分を除去し所望のパターンとする処理である。

【0026】また膜形成工程と、第1のパターン工程と、第2のパターン工程とを有するフォトマスクの製造方法であって、膜形成工程は、フォトマスク基板上に、第1の露光光に対し半透明な膜と、前記第1の露光光に対し半透明な膜の上に第2の露光光に対し透明あるいは半透明かつ位相を反転させる膜を形成する処理であり、第1のパターン工程は、反転膜の所望の部分を除去し

望のパターンとする処理であり、第2のパターン工程は、前記半透明膜の所望の部分を除去し所望のパターンとする処理である。

【0027】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について図面を参照にして詳細に説明する。

【0028】（実施形態1）図1は、本発明の実施形態1を示す平面図である。

【0029】図1において、本発明の実施形態1に係るフォトマスクは、開口部1と半透明位相シフト部2と半透明部3とを含んでいる。半透明位相シフト部2を透過した光は、振幅が減衰するとともに、開口部1に対し位相が反転している。一方、半透明部3を透過した光は、振幅が減衰するが、開口部1と同じ位相を持っている。

【0030】図2（a）に本発明の実施形態1に係るフォトマスクの断面図を示す。ガラス基板4上に半透明位相シフト膜5が堆積され、半透明位相シフト膜5の一部が開口部1の形にパターニングされている。

【0031】半透明位相シフト膜5は、クロム、クロムの酸化物、クロムの酸化窒化物、クロムのフッ化物、モリブデンシリサイド、モリブデンシリサイドの酸化物、モリブデンシリサイドの酸化窒化物、モリブデンシリサイドのフッ化物などから構成される単層あるいは多層膜である。なお、このとき半透明位相シフト膜5に要求される条件としては、露光光の透過率が5～20%であり、透過する露光光の位相を180度変換させることが必要である。

【0032】半透明位相シフト膜5の上に位相シフト膜6を形成し半透明部3の形にパターニングしている。位相シフト膜6の材料には、酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、クロムの酸化物、クロムの酸化窒化物、クロムのフッ化物、モリブデンシリサイド、モリブデンシリサイドの酸化物、モリブデンシリサイドの酸化窒化物、モリブデンシリサイドのフッ化物などを用いる。

【0033】位相シフト膜6の材料には、露光光の透過率が10%以上あるものが望ましい。酸化珪素を用いると、100%近い透過率を得ることができる。位相シフト膜6においても位相が180度変換されるため、半透明部3を透過する光の位相は開口部1を透過する光の位相と等しくなる。

【0034】このときのフォトマスクの振幅透過率を図2（b）に示す。振幅透過率分布は図14の理想的なベッセル関数の形に近づいている。半透明部3はベッセル関数で、サイドロープでの振幅が正となる位置 $0.88\lambda/NA$ から $1.38\lambda/NA$ の間に配置している。その幅は補助開口部8に比べ太く、開口部1の幅とほぼ等しくなるため作成は容易である。

【0035】図3及び図4を参照にして本発明の実施形態1に係るフォトマスクの効果を説明する。図3は各種位相シフトマスクによるウェハ上の光強度分布を示した

10

20

30

40

50

ものである。通常のハーフトーン位相シフトマスクの光強度分布 31 は、開口部中心から離れた位置に大きなサイドローブが発生している。半透明部 3 を付加したハーフトーン位相シフトマスクの光強度分布 34 は、サイドローブが抑制され、サイドローブのレジストへの転写を防ぐことができる。

【0036】図 4 は各種位相シフトマスクの焦点深度特性を示したものである。半透明部 3 を付加したハーフトーン位相シフトマスクの焦点深度特性 44 は、通常のハーフトーン位相シフトマスクの焦点深度特性 41 に比べ 10 デフォーカスしたときのピーク光強度の落ち方が緩く、焦点深度が伸びている。

【0037】（実施形態 2）図 5 に本発明の実施形態 2 に係るフォトマスクを示す。図 5 (a) に示すようにガラス基板 4 上に半透明膜 7 が堆積され、開口部 1 の形にパターニングされている。半透明膜 7 は、クロム、クロムの酸化物、クロムの酸化窒化物、モリブデンシリサイド、モリブデンシリサイドの酸化物、モリブデンシリサイドの酸化窒化物などから構成される単層あるいは多層膜である。

【0038】なお、半透明膜 7 に要求される条件としては、露光光の透過率が 5～20% であり、透過する露光光の位相の変化は 10 度以内である必要がある。

【0039】さらに半透明膜 7 上に位相シフト膜 6 を形成し開口部 1 及び半透明部 3 の形にパターニングされている。位相シフト膜 6 の材料には酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、クロムの酸化物、クロムの酸化窒化物、クロムのフッ化物、モリブデンシリサイド、モリブデンシリサイドの酸化物、モリブデンシリサイドの酸化窒化物、モリブデンシリサイドのフッ化物などを用いる。 30

【0040】位相シフト膜 6 に要求される条件としては露光光の透過率が 10% 以上あり、透過する露光光の位相を 180 度変換させることが必要である。酸化珪素を用いると、100% 近い透過率を得ることができる。フォトマスクの振幅透過率を図 5 (b) に示す。振幅透過率分布は図 14 の理想的なベッセル関数の形に近づいている。本発明の実施形態 2 も本発明の実施形態 1 と同様な効果を持つ。

【0041】（実施形態 3）図 6 及び図 7 に本発明の実施形態 3 に係るフォトマスクを示す。実施形態 3 では、半透明部 3 はベッセル関数でサイドローブでの振幅が正となる位置 $0.88\lambda/\text{NA}$ から外の全てを被っている。位相シフト膜 6 の透過率を 10% から 50% の間で比較的 low すると、半透明部 3 の透過光は半透明位相シフト部より強度が低くなる。

【0042】これにより、フォトマスク周縁部やアライメントマーク周辺で生じる不要なパターンの発生を防ぐことができる。図 3 の 35 は図 7 (b) の振幅透過率分布を持つフォトマスクを露光したときのウェハ上の光強度分布を表し、図 4 の 45 は図 7 のフォトマスクの焦点 50

深度特性を表す。

【0043】図 2 のフォトマスクの焦点深度特性 44 に比べると若干劣るが、通常のハーフトーン位相シフトマスクの焦点深度特性 41 に比べ図 7 のフォトマスクの焦点深度特性 45 はデフォーカスしたときのピーク光強度の落ち方が緩く、焦点深度が伸びている。

【0044】（実施形態 4）図 8 に本発明の実施形態 4 に係るフォトマスクを示す。開口部 1 が接近して複数個配置された場合の半透明部 3 の配置方法を示している。フォトマスク透過光の振幅をベッセル関数型に近づけるためには、半透明部 3 を全ての開口部の中心から測って $0.88\lambda/\text{NA}$ から $1.38\lambda/\text{NA}$ の間あるいは $0.88\lambda/\text{NA}$ より外側に配置する必要がある。元になる開口部 1 の配置が決まっていれば、半透明部 3 を自動的に配置することが可能である。図 9 に本発明の実施形態 4 の変形例を示す。この場合には、複数の開口部 1 がさらに接近しているため、半透明部 3 の面積が小さくなっている。

【0045】（実施形態 5）図 10 に本発明の実施形態 5 に係るフォトマスクの製造方法を示す。図 10 (a) に示すようにガラス基板 4 の上に半透明位相シフト膜 5 を堆積し、さらにその上に位相シフト膜 6 を堆積する。半透明位相シフト膜 5 は、クロム、クロムの酸化物、クロムの酸化窒化物、クロムのフッ化物、モリブデンシリサイド、モリブデンシリサイドの酸化物、モリブデンシリサイドの酸化窒化物、モリブデンシリサイドのフッ化物などから構成される単層あるいは多層膜である。

【0046】これらの材料はスパッタや CVD により堆積される。なお、このとき半透明位相シフト膜 5 に要求される条件としては、露光光の透過率が 5～20% であり、透過する露光光の位相を 180 度変換させることが必要である。

【0047】位相シフト膜 6 の材料には酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、クロムの酸化物、クロムの酸化窒化物、クロムのフッ化物、モリブデンシリサイド、モリブデンシリサイドの酸化物、モリブデンシリサイドの酸化窒化物、モリブデンシリサイドのフッ化物などを用いる。これらの材料はスパッタや CVD により堆積可能である。酸化珪素の場合は塗布ガラスを用いることもできる。位相シフト膜 6 に要求される条件としては露光光の透過率が 10% 以上あり、透過する露光光の位相を 180 度変換させることが必要である。

【0048】図 10 (b) に示すようにレジスト 11 の塗布後、電子ビーム描画装置あるいはレーザー描画装置を用いて露光を行い、その後現像を行うことにより半透明部 3 の残ったレジストパターンを得る。

【0049】次に図 10 (c) に示すように、レジスト 11 をマスクとしてエッチングを行う。エッチングが半透明位相シフト膜 5 の上層で停止するために位相シフト膜 6 と半透明位相シフト膜 5 とはエッチング選択比の大

きな材料を選ぶ必要がある。例えば、位相シフト膜6として酸化珪素を選び、半透明位相シフト膜5としてフッ化クロムを選ぶと四フッ化炭素ガスを用いて大きな選択比でドライエッチングすることができる。

【0050】図10(d)に示すようにレジスト11の再塗布後、電子ビーム描画装置あるいはレーザー描画装置を用いて露光を行い、その後現像を行うことにより開口部1の開いたレジストパターンを得る。次に図10

(e)に示すようにレジスト11をマスクとしてエッチングを行う。位相シフト膜6として酸化珪素を選び、半透明位相シフト膜としてフッ化クロムを選ぶと四塩化炭素ガスを用いて位相シフト膜6やガラス基板4を損傷することなくドライエッチングができる。

【0051】(実施形態6) 図11に本発明の実施形態6に係るフォトマスクの製造方法を示す。図11(a)に示すようにガラス基板4の上に半透明膜7を堆積し、さらにその上に位相シフト膜6を堆積する。半透明膜7は、クロム、クロムの酸化物、クロムの酸化窒化物、モリブデンシリサイド、モリブデンシリサイドの酸化物、モリブデンシリサイドの酸化窒化物などから構成される単層あるいは多層膜である。これらの材料はスパッタやCVDにより堆積される。半透明膜7に要求される条件としては、露光光の透過率が5~20%であり、透過する露光光の位相の変化は10度以内である必要がある。

【0052】位相シフト膜6の材料には酸化珪素、窒化珪素、酸化窒化珪素、クロムの酸化物、クロムの酸化窒化物、クロムのフッ化物、モリブデンシリサイド、モリブデンシリサイドの酸化物、モリブデンシリサイドの酸化窒化物、モリブデンシリサイドのフッ化物などを用いる。これらの材料はスパッタやCVDにより堆積可能である。酸化珪素の場合は塗布ガラスを用いることもできる。位相シフト膜6に要求される条件としては露光光の透過率が10%以上あり、透過する露光光の位相を180度変換させることが必要である。

【0053】図11(b)に示すようにレジスト11の塗布後、電子ビーム描画装置あるいはレーザー描画装置を用いて露光を行い、その後現像を行うことにより開口部1および半透明部3の開いたレジストパターンを得る。次に図11(c)に示すようにレジスト11をマスクとしてエッチングを行う。例えば、位相シフト膜6として酸化珪素を選び、半透明膜7としてクロムを選ぶと、四フッ化炭素ガスを用いて大きな選択比でドライエッチングすることができる。

【0054】図11(d)に示すようにレジスト11の再塗布後、電子ビーム描画装置あるいはレーザー描画装置を用いて露光を行い、その後現像を行うことにより開口部1の開いたレジストパターンを得る。次に図11

(e)に示すようにレジスト11をマスクとしてエッチングを行う。位相シフト膜6として酸化珪素を選び、半透明膜7としてクロムを選ぶと四塩化炭素ガスを用いて

位相シフト膜6やガラス基板4を損傷することなくドライエッチングができる。

【0055】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、通常のハーフトーン位相シフトマスクより焦点深度向上効果の高いフォトマスクが容易に作成できるため、フォトリソグラフィ工程での焦点マージンを拡大することができる。

【0056】また通常のハーフトーン位相シフトマスクよりサイドロープの低いフォトマスクが容易に作成でき、フォトリソグラフィ工程での露光量マージンを拡大することができる。

【0057】さらに焦点マージンや露光量マージンが広がることにより、実効的なより微細なパターンが形成可能になり、集積度のより高い半導体集積回路が製造可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1に係るフォトマスクを示す平面図である。

【図2】(a)は本発明の実施形態1に係るフォトマスクを示す断面図、(b)はフォトマスク振幅透過率分布を示す図である。

【図3】各種フォトマスクを用いたときのウェハ上での光強度分布を示す図である。

【図4】各種フォトマスクを用いたときの焦点深度特性を示す図である。

【図5】(a)は本発明の実施形態2に係るフォトマスクを示す断面図、(b)はフォトマスク振幅透過率分布を示す図である。

【図6】本発明の実施形態3に係るフォトマスクを示す平面図である。

【図7】(a)は本発明の実施形態3に係るフォトマスクを示す断面図、(b)はフォトマスク振幅透過率分布を示す図である。

【図8】本発明の実施形態4に係るフォトマスクを示す平面図である。

【図9】本発明の実施形態4の変形例のフォトマスクを示す平面図である。

【図10】本発明の実施形態5に係るフォトマスクの製造方法を示す図である。

【図11】本発明の実施形態6に係るフォトマスクの製造方法を示す図である。

【図12】従来のハーフトーン位相シフトマスクを示す平面図である。

【図13】(a)は従来のハーフトーン位相シフトマスクを示す断面図、(b)はフォトマスク振幅透過率分布を示す図である。

【図14】理想的なハーフトーン位相シフトマスクの振幅透過率分布を示す図である。

【図15】従来の補助開口部を用いたハーフトーン位相

シフトマスクを示す平面図である。

【図16】(a)は従来の補助開口部を用いたハーフトーン位相シフトマスクを示す平面図、(b)はフォトマスク振幅透過率分布を示す図である。

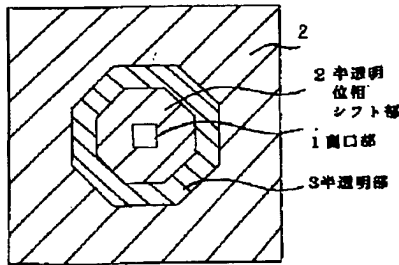
【図17】従来の補助遮光部を用いたハーフトーン位相シフトマスクを示す平面図である。

【図18】(a)は従来の補助遮光部を用いたハーフトーン位相シフトマスクを示す平面図、(b)はフォトマスク振幅透過率分布を示す図である。

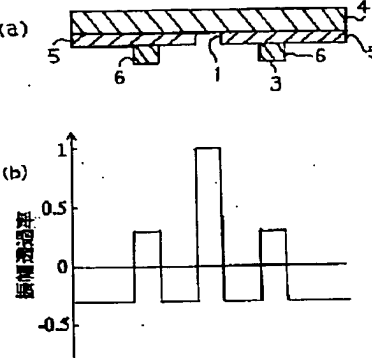
【符号の説明】

- 1 開口部
- 2 半透明位相シフト部
- 3 半透明部
- 4 ガラス基板
- 5 半透明位相シフト膜
- 6 位相シフト膜
- 7 半透明膜

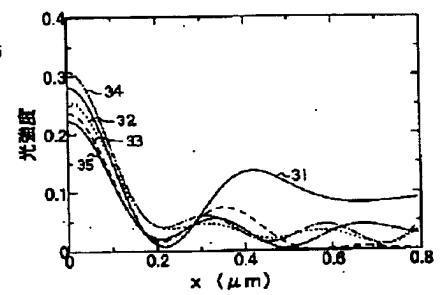
【図1】



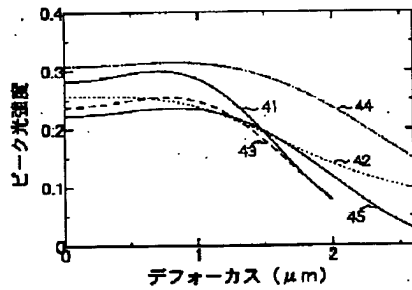
【図2】



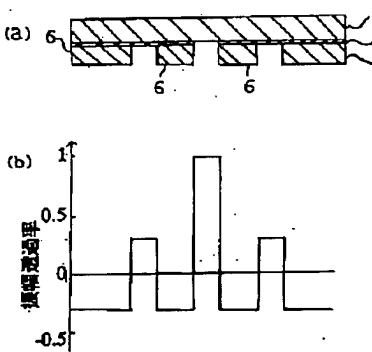
【図3】



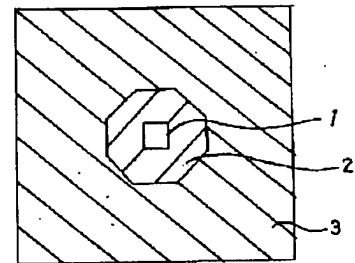
【図4】



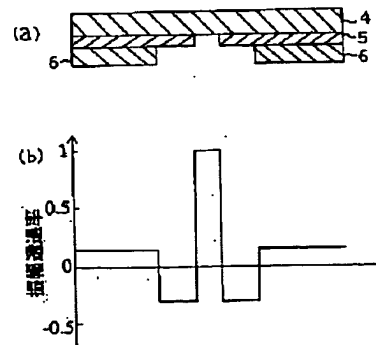
【図5】



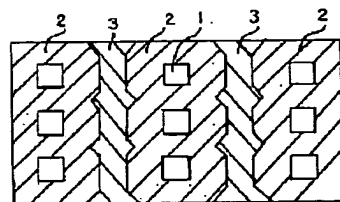
【図6】



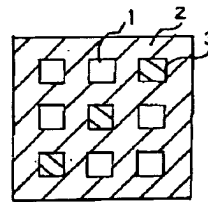
【図7】



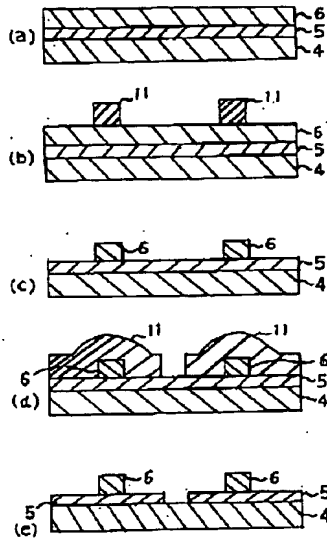
【図8】



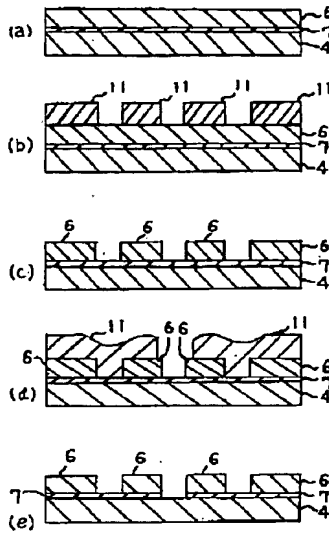
【図9】



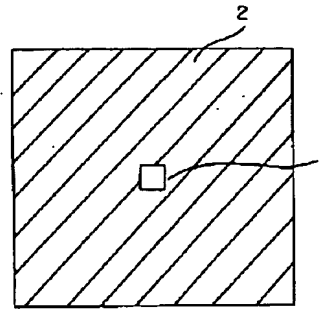
【図10】



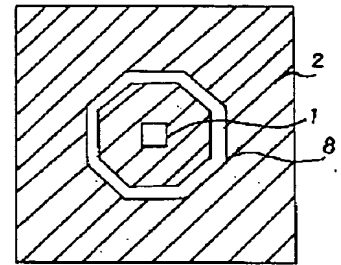
【図11】



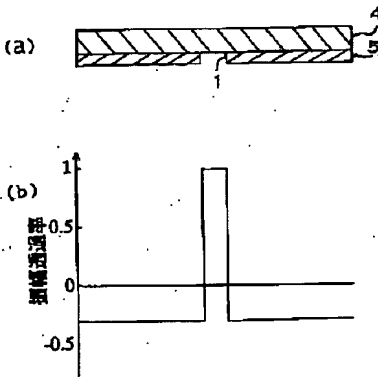
【図12】



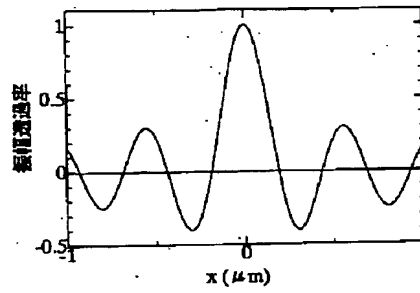
【図15】



【図13】

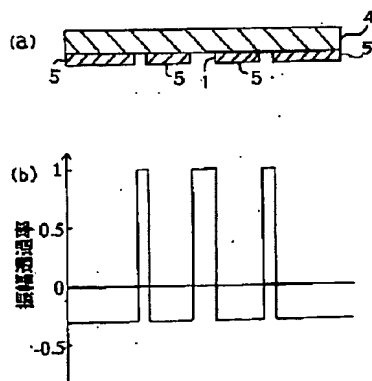


【図14】

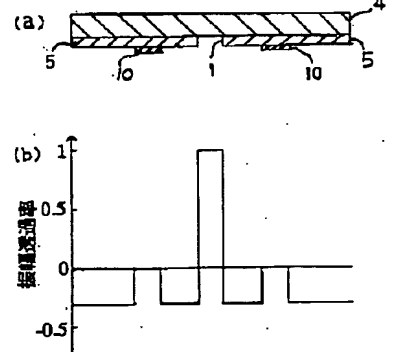
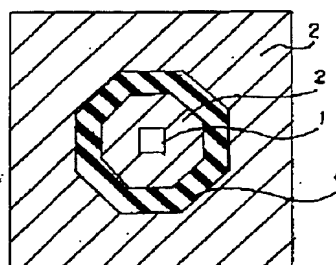


【図18】

【図16】



【図17】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☒ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☒ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.